EXPÉRIENCES PHYSIOLOGIQUES

SUR

LA TRANSMISSION DE LA SENSIBILITÉ ET DU MOUVEMENT

DANS

LA MOELLE ÉPINIÈRE.

(Extrait du *Bulletin de l'Académie royale de médecine de Belgique*,
deuxième série, tome II, n° 6.)

2

EXPÉRIENCES PHYSIOLOGIQUES

SUR LA TRANSMISSION

DE LA SENSIBILITÉ ET DU MOUVEMENT

DANS

LA MOELLE ÉPINIÈRE,

par

E.-M. VAN KEMPEN,

PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ DE LOUVAIN.

BRUXELLES,

J.-B. DE MORTIER, IMPRIMEUR DE L'ACADÉMIE,

RUE DE NAMUR, 30.

1859

EXPÉRIENCES PHYSIOLOGIQUES

SUR

LA TRANSMISSION DE LA SENSIBILITÉ ET DU MOUVEMENT

DANS

LA MOELLE ÉPINIÈRE.

La moelle épinière, renfermée dans le canal rachidien, s'étend chez l'homme depuis le trou occipital, où elle se continue avec la moelle allongée, jusqu'au niveau de la quatrième vertèbre lombaire. Par son aspect extérieur, elle ressemble à un gros nerf; tandis que par la substance grise qui se trouve dans son intérieur, elle présente la plus grande analogie avec la masse nerveuse encéphalique.

Il est donc assez naturel que la considérant seulement dans sa forme extérieure, on l'ait envisagée pendant bien longtemps, sous le rapport de ses fonctions, comme douée uniquement des mêmes propriétés physiologiques que tout autre nerf du corps. Ainsi, au point de vue des anciens phy-

siologistes, la moelle épinière n'était qu'un organe conducteur de l'influx nerveux et semblable à un gros nerf, elle n'était chargée d'autre fonction que de servir de lien entre l'encéphale, l'organe du *sensorium commune,* et toutes les parties sensibles et motrices du tronc et des membres.

Ce n'est qu'au commencement de ce siècle que différents physiologistes, et Prochaska (1) tout particulièrement, ont compris et élucidé le double rôle physiologique de la moelle épinière. Ils ont reconnu qu'elle est à la fois organe conducteur et foyer d'innervation, double fonction qui pouvait être soupçonnée par la structure anatomique de cet organe. En effet, la moelle est formée à sa périphérie de substance médullaire, composée de fibres conductrices de l'influx nerveux; et dans son intérieur, de substance grise, semblable à celle qui constitue les grandes masses ganglionaires de l'encéphale. Cette substance grise, caractère essentiel de tout centre nerveux, est elle-même, comme nous l'a enseigné le microscope, un assemblage de cellules nerveuses et de fibres primitives.

Dans ce Mémoire que j'ai l'honneur de soumettre à l'appréciation de l'Académie de médecine, je me suis proposé d'examiner la moelle épinière uniquement comme organe conducteur

(1) *Op. min. anat. physiol. et pathol. argum. Pars secunda,* cap. IV. Viennæ, 1800.

de l'influx nerveux servant d'intermédiaire entre les nerfs spinaux et l'encéphale.

Pour me justifier des nouvelles recherches que j'ai entreprises sur un point de la physiologie qui paraissait désormais définitivement résolu, il suffira, je le pense, de rapporter ici succinctement les diverses phases sous lesquelles cette question s'est présentée aux différentes époques de la science physiologique.

Galien (1) a prouvé le premier, par des expériences sur les animaux et par l'observation clinique chez l'homme, que la moelle épinière est chargée de transmettre à l'encéphale les impressions reçues par les fibres sensitives des nerfs spinaux, et que, d'un autre côté, elle sert à maintenir sous la dépendance de la volonté tous les muscles animés par les fibres motrices de ces mêmes nerfs.

Le médecin de Pergame a démontré cette fonction conductrice de la moelle épinière au moyen d'une expérience bien simple. Sur un animal vivant, il a coupé transversalement toute l'épaisseur de cet organe dans un point de la région dorsale, et à l'instant même toutes les parties sensibles et motrices qui reçoivent leurs nerfs du tronçon postérieur de la moelle, ont perdu toute trace de sensibilité consciente et de motilité volontaire ou spontanée.

(1) *De locis affectis*, lib. IV, cap. VII.

En second lieu, depuis Galien jusqu'à nos jours, tous les physiologistes et pathologistes ont admis que la transmission de l'influx nerveux dans la moelle épinière est *directe,* c'est-à-dire, que les nerfs spinaux de chaque moitié du corps sont mis en rapport avec l'encéphale par l'intermédiaire de la moitié correspondante de la moelle épinière. C'est ce que Galien avait établi au moyen de deux expériences fondamentales, qui paraissaient en même temps décisives. Dans l'une de ces expériences il faisait une hémisection latérale de la moelle, de manière à comprendre dans une incision transversale toute l'épaisseur de la moitié correspondante de cet organe; il en résultait comme effet la paralysie de la sensibilité et du mouvement volontaire dans le membre postérieur du même côté.

Dans l'autre expérience, l'illustre médecin faisait une section longitudinale au milieu du renflement lombaire, séparait ainsi la moelle épinière en deux moitiés latérales. Elle eut pour résultat la persistance de la sensibilité et des mouvements volontaires dans tout le train postérieur de l'animal opéré.

D'après cette théorie sur la transmission de l'influx nerveux dans la moelle épinière, théorie qui est encore généralement adoptée par les pathologistes et par la plupart des physiologistes, l'hémiplégie croisée survenant à la suite des altérations pathologiques de l'un ou de l'autre hémisphère du cerveau s'explique par l'entre-croisement des deux moitiés de la moelle

entre elles. Cet entre-croisement s'effectue en partie dans la moelle allongée entre les pyramides antérieures, et on supposait que pour l'autre partie de la moelle il avait lieu dans l'isthme du cerveau, près des tubercules quadrijumeaux.

Suivant cette même théorie, toute lésion d'une moitié latérale de la moelle épinière a pour suites nécessaires l'anesthésie et la paralysie du mouvement volontaire dans toutes les parties situées au-dessous et du côté du siége de la lésion morbide.

Depuis quelques années de nouvelles idées ont surgi : appuyées sur des recherches nombreuses, elles n'ont tendu à rien moins qu'à ébranler et à renverser l'ancienne doctrine de Galien.

Dès l'année 1838, Van Deen (1) publiait une série d'expériences instituées sur la grenouille, dans le but d'étudier la transmission de l'influx nerveux par la moelle épinière. Lorsqu'il opérait la section transversale d'une moitié latérale de cet organe, il obtenait pour résultat constant la persistance de la sensibilité et de la motilité dans le membre postérieur du côté opéré. Les mouvements cependant étaient considérés non comme volontaires ou spontanés, mais comme réflexes. En

(1) Van Deen. *Tijdschrift voor natuurlyke geschiedenis en physiologie*, tom V. Stuk 3, p. 151, 1838.

Traités et découvertes sur la physiologie de la moelle épinière. Leide, 1841. Deuxième traité, ch. XXV et XXVII, pages 65 et 92.

1841 et en 1842, ces expériences ont été confirmées par Budge et par Stilling.

Mais c'est à M. Brown-Séquard que revient l'honneur d'avoir le plus contribué à élucider cette question si importante de la physiologie et de la pathologie. Dans ses nombreuses recherches, ce physiologiste distingué avait toujours en vue de déterminer non-seulement la direction suivie par l'influx nerveux dans la moelle épinière, mais aussi par quelles parties de cet organe se faisait la transmission de la sensibilité et du mouvement.

Brown-Séquard a réuni ses premières observations dans sa thèse inaugurale publiée en 1846 (1). Depuis lors il a communiqué, sur le même sujet, à l'Académie des sciences de Paris et à la Société de biologie de la même ville, une série de recherches consignées dans les comptes rendus de ces sociétés savantes, et qu'il a réunies dans un grand ouvrage publié à New-York en 1855 (2).

Des expériences instituées par M. Brown-Séquard il résulte, quant à la direction suivie par l'influx nerveux dans la moelle épinière, que la section transversale d'une moitié latérale de

(1) *Recherches et expériences sur la physiologie de la moelle épinière.* Paris, 1846.

(2) *Experimental and clinical researches on the physiol. and pathol. of the spinal cord.* New-York on Brichmond, 1855.

cet organe ne produit point, dans le côté correspondant du corps et derrière la section, une anesthésie, mais au contraire, une hyperesthésie; tandis que tout mouvement volontaire est complétement aboli dans ce même côté.

Vers la même époque à peu près, L. Türk est arrivé à un résultat tout à fait identique (1). Dans son nouvel ouvrage sur la physiologie du système nerveux, M. Cl. Bernard dit que la preuve en est aujourd'hui très-nette (2).

M. Brown-Séquard a établi sa théorie de la transmission croisée des impressions sensitives dans la moelle épinière sur beaucoup de faits autres que ceux concernant la persistance et l'exagération de la sensibilité du côté et en arrière d'une hémi-section transversale de la moelle. Je mentionnerai ici entre autres le fait qu'après une section longitudinale de la moelle épinière, la sensibilité est perdue dans les parties du corps des deux côtés recevant leurs nerfs de la partie de la moelle où la section a été faite.

(1) L. Türk, *Ueber den zustand der sensibilität, Wien. Zeitschrift für D. G. D. A.* Marz, 1851.

— *Ergebnisse physiol. Untersuchungen. Sitzungsberichte der Wiener Akadem.* Apr., 1851.

— *Ueber secundäre Erkrankung einzelner Rückensmarksstränge und ihrer Fortsetzung. Ibid.*, Marz, 1851.

(2) *Leçons sur la physiologie et la pathologie du système nerveux*, par M. Cl. Bernard, tome I, page 334, Paris. 1858.

Du reste, je pense qu'il convient de reproduire ici, au moins succinctement, la théorie de M. Brown-Séquard sur la direction de l'influx nerveux dans la moelle épinière, telle qu'il l'a exposée dans sa dernière communication faite à l'Académie des sciences de Paris, dans la séance du 6 octobre 1857.

Voici comme il s'exprime :

« Maintenant si l'Académie veut bien me le permettre, j'ajouterai quelques mots sur la théorie que j'ai proposée relativement à la *propagation croisée des impressions sensitives* de la moelle épinière.

« Depuis Galien, on avait admis que ce centre nerveux n'a pas d'action croisée. Galien avait fait à cet égard des expériences qui paraissaient décisives. *Elles le sont en effet, mais seulement en ce qui concerne le mouvement volontaire*, et Galien ne s'est pas occupé d'autre chose.

« Mais si l'on répète les deux expériences fondamentales de ce physiologiste et qu'on cherche quel est l'état de la sensibilité des diverses parties du corps, on est nécessairement conduit par les résultats si positifs de cet examen, à admettre que *les conducteurs des impressions sensitives s'entre-croisent dans la moelle épinière*.

« Chez tel animal, cet entre-croisement paraît être complet, c'est-à-dire, qu'il semble exister pour la totalité de ces conducteurs, chez tel autre, au contraire, il est incomplet et ne

s'opère pas immédiatement, c'est-à-dire, que nombre des éléments conducteurs montent plus ou moins haut dans le côté correspondant à celui où ils arrivent dans la moelle avant de s'entre-croiser ; c'est là ce qui a lieu pour les oiseaux, et c'est pour cela qu'on a pu montrer à l'Académie des pigeons qui paraissaient avoir bien moins de sensibilité dans le côté et en arrière d'une hémisection de la moelle épinière que dans le côté opposé. Ce fait, qui est exact quand l'opération est faite immédiatement au-dessus du renflement lombaire, montre seulement que l'entre-croisement n'a pas encore eu lieu à cette hauteur. Nous ajouterons que chez les oiseaux l'entre-croisement est très-loin d'être complet.

« Des deux expériences de Galien, celle qui consiste à faire une hémisection de la moelle donne, quand l'opération est faite à une hauteur suffisante, des résultats très-nets : *du côté de la section*, il y a *hyperesthésie* et *du côté opposé anesthésie* plus ou moins complète, suivant l'espèce d'animal qu'on emploie. Il y a une manière de faire cette expérience qui donne des résultats extrêmement tranchés : on fait d'abord la section transversale des deux cordons postérieurs à la région dorsale, et l'on constate alors qu'il y a de l'hyperesthésie à un degré notable dans les deux membres postérieurs. On fait ensuite la section de ce qui reste d'une moitié latérale de la moelle au niveau de la première opération. S'il n'y a pas d'entre-croisement, non-seulement l'hy-

peresthésie disparaîtra du côté et en arrière de cette seconde section, mais encore la sensibilité elle-même devra y disparaître entièrement. Or, c'est l'inverse qu'on observe, l'hypéresthésie augmente. Du côté opposé, côté où il reste environ un tiers de la moelle encore intact, non-seulement l'hyperesthésie qui existait après la première opération, disparaît après la seconde, mais encore la sensibilité ou diminue notablement, ou même quelquefois, chez certains animaux, semble disparaître complétement, au moins pour quelque temps.

« L'autre expérience de Galien fournit des résultats plus décisifs encore, une section longitudinale est faite sur toute l'étendue du *renflement lombaire* et l'on a alors le curieux résultat, *que le mouvement volontaire persiste dans les deux membres postérieurs*, ainsi que l'avait vu Galien, tandis que la sensibilité y semble complétement perdue. Si l'expérience est faite sur le *renflement cervico-brachial*, les membres antérieurs perdent la sensibilité, mais les membres postérieurs la conservent. Si alors on fait en outre la section de la moitié droite de ce renflement on trouve que le membre postérieur reste seul sensible. Il y a donc *entre-croisement des conducteurs des impressions sensibles dans la moelle épinière.* »

De cet exposé de la théorie de M. Brown-Séquard il résulte que cet habile physiologiste n'admet point l'entre-croisement

des conducteurs du mouvement dans la moelle épinière, mais bien celui des fibres sentives des nerfs spinaux.

Cette théorie, comme toute vérité qui surgit et cherche à s'introduire et à prendre pied dans la science, n'a point été exempte de son épreuve scientifique. Elle a suscité la controverse et la lutte. Pour la combattre on a vu paraître successivement une série de mémoires dans lesquels on contestait l'exactitude des expériences et principalement l'interprétation des faits observés.

Ainsi, M. Chauveau, de Lyon, fait, en 1857, à l'Académie des sciences de Paris, différentes communications dans le but de combattre la théorie de Brown-Séquard relativement à l'entre-croisement des fibres sensitives dans la moelle épinière. Dans son mémoire présenté à l'Académie, le 11 mai 1857 (1), M. Chauveau émet à cet égard son opinion dans la conclusion désignée sous le n° 4, où il s'exprime de la manière suivante :

« Les impressions sensitives, pour gagner l'encéphale, suivent dans la moelle le côté par lequel elles sont arrivées. Aussi la section d'une moitié latérale de l'axe médullaire, loin d'augmenter la sensibilité dans le côté correspondant du corps, la fait entièrement disparaître. Mais l'exagération

(1) *Comptes-rendus de l'Académie des sciences de Paris*, premier semestre 1857.

apparente de l'excitabilité réflexe, qui se manifeste alors constamment, et souvent avec des proportions extraordinaires, peut être prise pour de l'hyperesthésie, confusion qui devient encore bien plus facile à commettre quand il se manifeste des symptômes de sensibilité récurrente, provoqués par les contractions involontaires que l'excitation du côté paralysé fait naître dans les muscles du côté non paralysé. »

Sur le même sujet, M. Chauveau communique à l'Académie, dans sa séance du 7 septembre 1857, l'expérience suivante :

« Je mets la moelle à découvert sur un pigeon, au niveau du renflement lombaire, et je coupe en travers la moitié gauche de l'organe. Les doigts de la patte du même côté se trouvent aussitôt paralysés du mouvement, et, si la section est faite tout à fait en avant, cette paralysie envahit la plupart des muscles qui meuvent les rayons supérieurs du membre. Je serre alors, entre les mors d'une pince anatomique, les doigts paralysés, et malgré tous mes efforts il m'est impossible de provoquer autre chose que des mouvements réflexes, assez peu apparents même, tantôt dans la seule patte excitée, tantôt dans les deux pattes, rarement dans d'autres parties. L'animal ne manifeste pas le moindre signe de douleur.

« L'excitation pratiquée sur l'autre membre fait naître tout

à coup les symptômes de la plus vive souffrance, c'est-à-dire, des mouvements généraux et répétés, efforts tentés par l'animal pour se tirer des mains de l'expérimentateur. »

Voici les conclusions que M. Chauveau fait découler de cette expérience. Elles sont entièrement opposées à celles que M. Brown-Séquard a émises dans sa théorie.

« Les résultats de cette expérience, dit M. Chauveau, sont nets, précis, constants surtout, et ne comportent même pas la possibilité de deux interprétations différentes; d'une part, *perte absolue de la sensibilité du côté de la section* ; de l'autre, *conservation intégrale de cette propriété du côté opposé*; donc *la moelle n'exerce pas d'action croisée sur la conduction des impressions sensitives.* »

Il est évident que des résultats aussi contradictoires à l'égard d'un sujet d'une telle importance en physiologie, doivent faire naître dans notre esprit un doute légitime. Dans ce mélange de ténèbres et de clartés, notre intelligence, n'admettant comme vérités acquises que celles qui ont été suffisamment éprouvées par l'expérimentation, doit désirer ardemment que de nouveaux travaux soient entrepris, de nouvelles expériences instituées, pour arriver à un résultat définitif ou au moins probable. Car un fait physiologique ne peut être regardé comme hors de toute contestation, que lorsque, repris tour à tour par les expérimentateurs, il s'est présenté toujours le même.

Mais avant d'aborder la question de la transmission de l'influx nerveux dans la moelle épinière, il est nécessaire d'en saisir toute l'étendue, car elle est plus complexe qu'elle ne le parait d'abord. En effet, elle a pour objet de déterminer non-seulement la direction suivant laquelle la propagation de la sensibilité et du mouvement a lieu, mais encore quelles sont les parties de l'axe nerveux rachidien qui servent à cette propagation. Il est donc plus méthodique. selon moi, de la scinder et de l'examiner successivement dans l'une et dans l'autre de ses deux parties constitutives. Je me propose d'examiner ici spécialement la première partie de la question, savoir : *quelle est la direction suivie par l'influx nerveux dans la moelle épinière ?*

Cependant, afin d'en donner la solution la plus complète, il convient de considérer dans toutes ses phases, la question ainsi circonscrite. La théorie de Galien, établissant la transmission directe de la sensibilité et du mouvement dans la moelle épinière, n'a-t-elle point subi d'autre modification essentielle que celle introduite par Brown-Séquard, modification que combat M. Chauveau, de Lyon ? En un mot, n'y a-t-il point dans la science quelques travaux sérieux, par lesquels des hommes consciencieux ont cherché à mettre en doute et à rejetter même la transmission directe du mouvement dans la moelle épinière ? Voilà ce qui nous reste encore à établir.

Dans son traité d'histologie (1), M. Kölliker, s'appuyant sur des recherches microscopiques et sur des expériences physiologiques propres, cherche à démontrer qu'il existe *un entre-croisement des fibres motrices dans toute la longueur de la ligne médiane de la moelle épinière* ; que cet entre-croisement n'a lieu qu'entre les cordons antérieurs de cet organe, tandis que les cordons latéraux, comme l'a démontré Arnold, s'entre-croisent en partie dans la moelle allongée, sous le nom de pyramides antérieures.

En septembre 1857, Leuhossek a présenté au Congrès de Bonn de nombreuses préparations accompagnées de dessins dans le but de démontrer que les *racines spinales antérieures* et les *racines postérieures* proviennent évidemment, quoiqu'en proportion faible, des cellules sympathiques ou ganglionaires des côtés opposés et qu'*elles s'entre-croisent au-devant comme en arrière du canal médullaire* (2).

(1) *Mikroskopische Anatomie von Kölliker.* Leipzig, 1850, 2 B. p. 458-459.

(2) Leuhossek et Jacubowitsch, dans des mémoires qui ont été couronnés, en 1859, par l'Institut de France, prétendent que les fibres motrices naissent des corpuscules ganglionaires les plus grands, tandis que les fibres sensitives naissent de corpuscules beaucoup plus petits ; je ferai remarquer contre ces observations 1° qu'au microscope on ne peut pas distinguer les fibres sensitives des fibres motrices ; 2° que les cellules ganglionaires les plus grandes existent dans le ganglion du trijumeau et que toutes les fibres qui en partent sont cependant sensibles.

Ces observations anatomiques n'ont cependant de valeur en physiologie que pour autant qu'elles ont reçu la sanction d'expériences sur les animaux ou de faits pathologiques observés sur l'homme. C'est dans ce but que l'année dernière, 1858, M. Von Bezold (1) a institué une série d'expériences sur divers animaux et dont il a consigné les résultats dans un mémoire couronné par la faculté de médecine de Würzbourg. Par ces recherches il est arrivé à peu près aux mêmes conclusions que M. Chauveau, de Lyon. Il ne reconnaît ni entre-croisement des fibres sensitives, ni celui des fibres motrices, et il résume le résultat de ses recherches de la manière suivante :

1° La *transmission des mouvements volontaires* dans la moelle épinière est *directe* chez les amphibiens, les oiseaux et les mammifères.

2° Il n'est pas possible d'établir d'une manière péremptoire, chez aucun animal, l'existence ou l'absence de l'entre-croisement des fibres sensitives.

3° Les fibres nerveuses vaso-motrices des parties dont la caloricité est sous la dépendance de la moelle épinière suivent chez les mammifères un trajet direct dans la moelle épinière.

(1) *Ueber die gekreuzten Wirkungen des Rückenmarken von A. v. Bezold* (*Ztschr. f wifs. Zool.* pag. 307–364).

En faisant ressortir cette divergence et cette confusion dans les opinions sur une question d'une si haute importance, j'ai eu en vue d'abord de bien déterminer les faits contestés, et ensuite de justifier celui qui se hasarde de nouveau à faire quelques victimes de plus, dans le but de chercher à éclairer un point encore obscur de la science physiologique.

Convaincu que cette extrême divergence d'opinions entre les nombreux observateurs qui se sont occupés de ce sujet, dépend en bonne partie de la manière d'interpréter les faits observés, car il est probable que souvent ils ont eu sous les yeux les mêmes phénomènes à juger; et en second lieu, de ce qu'ils ont souvent déduit leurs conclusions d'experiences faites dans des conditions diverses, par exemple, en opérant sur des animaux divers et dans des régions différentes du corps; il me semble nécessaire d'établir quelques principes généraux d'après lesquels je me suis guidé et qui peuvent servir pour arriver plus sûrement vers une solution définitive de cette importante question.

En matière d'expérimentation sur la moelle épinière, un point capital est de ne s'occuper que successivement des divers éléments compris dans le problème à résoudre, de le scinder dans toutes ses parties constitutives et de les étudier dans les diverses classes d'animaux qui forment un même embranchement du règne animal. En second lieu, les expériences doivent être répétées sur les animaux de la même

espèce à des hauteurs diverses du tronc ; et enfin, ce qui est de la plus haute importance, c'est de s'entendre sur la signification de quelques phénomènes simples ou élémentaires, avant d'en faire l'application à l'interprétation de faits plus complexes.

Guidé par ces principes, je me suis attaché spécialement dans mes recherches à établir : *Quelle est la direction suivie par l'influx nerveux dans la moelle épinière?* A cet effet, j'ai institué des expériences nombreuses sur des amphibiens, des oiseaux et des mammifères, tous animaux chez lesquels le système nerveux est formé d'après un même type et dont les fonctions doivent par conséquent présenter la plus grande analogie.

J'ai varié ces expériences autant que possible, en pratiquant l'hémisection latérale et longitudinale de la moelle épinière à différents points de sa longueur, tant à la région cervicale qu'à la région lombo-dorsale.

Ce n'est qu'accessoirement que je me suis occupé, dans ces recherches, à constater par quelles parties de la moelle épinière a lieu la transmission de la sensibilité et, par quelles autres, celle du mouvement; si la sensibilité est transmise par les cordons postérieurs seuls et le mouvement, par les cordons antérieurs et latéraux de la moelle; si, comme le prétend M. Brown-Séquard. la substance grise seule est chargée de cette double fonction ; ou si,

au contraire, elle est répartie entre les cordons et la substance grise.

J'ai examiné aussi incidemment l'influence de la moelle épinière sur la caloricité animale, afin de savoir si les fibres nerveuses vaso-motrices qu'elle renferme, suivent un trajet direct ou croisé, et quelle est l'action de cet organe nerveux central sur la tonicité musculaire des parties qui se trouvent sous sa dépendance.

Mais si l'art des expériences consiste dans l'art de démêler et d'interpréter les faits, il est essentiel, surtout pour l'intelligence des phénomènes dépendant du système nerveux, d'avoir présents à l'esprit tous les caractères distinctifs tant de la sensibilité consciente et de la sensibilité non perçue que des mouvements volontaires et des mouvements réflexes. Ainsi, lorsqu'on irrite la peau ou les nerfs cutanés d'un animal, dont le centre cérébro-spinal est intact, cette irritation sera transmise jusqu'au cerveau, où elle est perçue et devient dès lors sensibilité consciente, se manifestant à l'extérieur par des mouvements volontaires généraux de l'animal qui cherche à se soustraire à cette irritation douloureuse. La souffrance éprouvée par l'animal qu'on interroge sur la sensibilité perçue, se reconnaît donc principalement par les mouvements volontaires qu'il exécute pour fuire, ou pour écarter l'objet qui lui fait éprouver une sensation désagréable. A cet égard, il ne peut plus rester le

moindre doute dans l'esprit de l'observateur, lorsque l'animal jette des cris perçants et caractéristiques dans la souffrance.

La sensibilité non perçue ou inconsciente est celle qui se manifeste à l'extérieur par des mouvements réflexes, mouvements qui succèdent à une irritation des nerfs sensitifs sans que cette irritation arrive jusqu'à la perception et par conséquent sans que la volonté intervienne. Ces mouvements sont automatiques, n'ont pas de but propre, s'exécutent immédiatement après l'irritation des nerfs sensitifs, au moins pour les muscles qui sont sous la dépendance du système nerveux cérébro-spinal ; ils n'ont qu'une durée instantanée et ne se répètent point spontanément. Dans ce cas aussi, les mouvements ne sont jamais accompagnés de hauts cris, poussés par l'animal soumis à l'expérimentation.

EXPÉRIENCES.

Mode opératoire.

Il est, je pense, tout à fait superflu de décrire ici, dans tous ses détails, le mode opératoire que j'ai suivi pour ouvrir le canal rachidien et mettre à découvert la moelle épinière, dans le point où j'en ai pratiqué la section. Il suffira de donner quelques indications générales, qui puissent en même

temps servir de guide à ceux qui voudraient vérifier les résultats annoncés.

Par une incision longitudinale de la peau, pratiquée dans une étendue convenable sur la ligne médiane de l'une ou de l'autre région de la colonne vertébrale, on met les muscles du rachis à nu, on les sépare de leurs insertions à deux ou à trois vertèbres, et après avoir épongé convenablement pour arrêter l'hémorragie, on soulève une apophyse épineuse afin d'inciser les liens qui unissent les lames de deux vertèbres avoisinantes. Ces lames sont coupées au moyen de ciseaux ordinaires, lorsque l'opération est pratiquée sur la grenouille ou sur les oiseaux, et au moyen de petites cisailles à branches recourbées, si l'expérience est faite sur des mammifères. De nouveau on arrête l'hémorragie; on écarte bien les chairs voisines au moyen de crochets ou en les excisant par des ciseaux recourbés sur leurs faces. Dès lors la moelle épinière est mise à découvert afin d'en faire soit une hémisection transversale, soit une incision longitudinale suivant la ligne médiane de sa face postérieure. Après l'opération on irrite l'animal avec des pinces à dissection, pour constater l'état de la sensibilité et du mouvement dans les parties situées derrière l'incision de la moelle épinière. Dans cet examen, il est bien nécessaire de distinguer les mouvements réflexes des mouvements volontaires et la sensibilité consciente de la sensibilité non perçue.

C'est de cette manière que j'ai procédé sur des grenouilles, des pigeons, des lapins et des chiens. Voici maintenant le résultat de mes expériences.

I.

Expériences sur la grenouille.

Sur un grand nombre de grenouilles, j'ai coupé, par une incision transversale, toute la moitié latérale droite ou gauche de la moelle épinière, dans la région dorsale, immédiatement au-devant de son renflement lombaire. Invariablement j'ai obtenu les mêmes résultats. En irritant ces animaux, au moyen de pinces à dissection, il devenait facile à constater que *tout mouvement volontaire était aboli* dans le membre postérieur, du même côté où avait été faite la section latérale de la moelle épinière. Ces mouvements étaient complets dans le membre postérieur du côté opposé. Ainsi en piquant ou en pinçant l'animal, il s'empressait de prendre la fuite en sautillant sur trois membres et en traînant immobile le membre paralysé. Mais si l'on pince le membre même dont les mouvements sont abolis, on remarque que l'animal le retire presque instantanément et souvent il arrive que l'animal fait des efforts soutenus pour se dégager de l'instrument qui l'étreint et pour se sauver par la fuite en sautillant sur trois

pattes. Une demi-heure après l'opération ces phénomènes apparaissent même d'une manière plus distincte. Le membre postérieur du côté opéré semble jouir d'une sensibilité plus exquise. On serait d'abord porté à croire que les mouvements provoqués par l'irritation du membre postérieur du côté opéré sont réflexes et qu'il n'est plus doué que d'une sensibilité non consciente, comme toute partie du corps qui est encore liée à un tronçon de la moelle épinière par l'intermédiaire de quelques fibres nerveuses sensitives et motrices; mais en considérant bien les efforts effectués par l'animal pour se débarrasser de la pince qui le retient par le membre postérieur paralysé, on ne tarde pas à se convaincre que ce membre est encore réellement doué d'une très-grande sensibilité consciente.

Il n'y manque rien que l'expression de la souffrance par des cris plaintifs. C'est pourquoi on peut dans quelques cas hésiter de se prononcer dans ce sens, surtout si l'on expérimente sur des grenouilles très-peu irritables. Il est même possible qu'alors on se prononce dans un sens contraire, comme il m'est arrivé de le faire au début de ces expériences. Mais le doute n'est plus possible dès qu'on a eu l'occasion d'examiner les mêmes phénomènes sur les mammifères; chez ces animaux, ils sont toujours accompagnés de cris si expressifs et si déchirants que l'observateur lui-même serait quelquefois désarmé, s'il n'était retenu par le

sentiment d'un grand devoir à remplir, celui de rechercher la vérité.

Chez la grenouille opérée, le membre postérieur du côté opposé à la section latérale de la moelle épinière continuait aussi à jouir de la sensibilité consciente; mais il n'était pas possible de bien constater que réellement elle était diminuée.

De cette série d'expériences faites sur la grenouille, on doit tirer les conclusions suivantes :

1° Que chez la grenouille le *mouvement volontaire* suit un trajet direct dans la portion lombo-dorsale de la moelle épinière, puisque ce mouvement est aboli du côté où on a fait la section latérale de la moelle.

2° Que la sensibilité consciente semble persister dans le membre postérieur du côté opéré; que par conséquent les conducteurs de la sensibilité consciente doivent se rendre dans le côté opposé de la moelle pour arriver à l'encéphale, siége du *sensorium commune*. Ces conducteurs s'entre-croisent donc sur la ligne médiane.

3° Que la sensibilité du membre postérieur du côté non opéré peut dépendre de conducteurs directs en petit nombre, mais surtout de conducteurs qui se rendent dans le côté opposé de la moelle au-dessus de la section latérale de cet organe.

Dans une *deuxième série* d'expériences pratiquées sur la

grenouille, j'ai fait la section transversale de la moitié droite de la moelle épinière, dans la *région cervicale,* au niveau de la troisième vertèbre. Comme résultats de cette opération, j'ai observé :

1° La paralysie des mouvements volontaires dans les deux membres postérieurs, mais dans celui du côté opposé à la section de la moelle, la paralysie était à peine apparente ; si ce n'est lorsque l'animal faisait des efforts pour sauter, je reconnaissais qu'il était impuissant d'exécuter avec ce membre les mouvements nécessaires au saut. Le membre postérieur du côté opéré était presque complétement paralysé : l'animal le remuait de temps à autre, lui imprimait un mouvement de flexion lorsqu'il faisait un effort pour fuir, preuve évidente que tout mouvement volontaire n'y était point anéanti.

2° La sensibilité consciente persiste d'une manière très-manifeste du côté opéré, tandis que du côté opposé elle est amoindrie dans les parties situées derrière la section.

Je conclus de là :

1° Que chez la grenouille *les conducteurs du mouvement volontaire s'entre-croisent en partie dans la région cervicale de la moelle*, mais que *la plus grande partie* de ces conducteurs suit un trajet *direct.*

2° Que les *conducteurs de la sensibilité consciente s'entre-croisent dans toute la longueur de la moelle épinière*, ainsi

qu'il résulte de cette série d'expériences et de la série précédente.

Dans un *troisième groupe* d'expériences instituées sur la grenouille, j'avais en vue de constater d'une manière directe l'entre-croisement des conducteurs de la sensibilité dans toute la longueur de la moelle épinière et celui *des conducteurs du mouvement volontaire dans la portion cervicale de cet organe.* A cet effet, j'ai pratiqué sur différentes grenouilles d'abord une incision longitudinale sur la ligne médiane de la portion lombo-dorsale de la moelle épinière, incision qui comprenait toute l'épaisseur de l'axe nerveux rachidien. Ces animaux résistent parfaitement à cette opération. Les mouvements volontaires de tout le corps restent intacts et n'ont subi aucune altération; mais la sensibilité consciente des membres postérieurs paraît diminuée. Si alors on prolonge l'incision longitudinale jusqu'à l'origine de la moelle allongée, *tout mouvement volontaire et toute sensibilité consciente ont disparu.*

Il résulte de cette expérience décisive que, chez la grenouille, les *conducteurs du mouvement volontaire s'entre-croisent dans toute la longueur de la portion cervicale de la moelle épinière, et que même la plus grande partie, si pas toute, s'entre-croise immédiatement au-dessous de la moelle allongée.*

Toute sensibilité consciente étant abolie à la suite de

cette section longitudinale pratiquée dans toute la longueur de la moelle épinière, il en résulte qu'elle a dû intéresser les conducteurs de cette sensibilité, que par conséquent ceux-ci doivent s'entre-croiser sur la ligne médiane.

Résumé des résultats obtenus par les expériences pratiquées sur la grenouille.

1° Chez la *grenouille*, la *transmission* de la *sensibilité consciente* est *croisée* dans toute la longueur de la moelle épinière ; celle du *mouvement volontaire,* au contraire, est *directe dans la portion lombo-dorsale* de la moelle et *croisée dans sa portion cervicale.*

II.

Expériences sur les pigeons.

En opérant chez les pigeons successivement la section transversale d'une moitié latérale de la moelle épinière dans la région dorsale et dans la région cervicale, j'ai pu me convaincre de la manière la plus péremptoire que les conclusions tirées des vivisections pratiquées sur la grenouille étaient de la plus grande justesse.

Ainsi, après l'hémisection latérale de la moitié droite de la moelle épinière immédiatement au-dessus de son renflement lombo-dorsal, la patte du même côté avait perdu tout mou-

vement volontaire, mais jouissait de la sensibilité consciente la plus manifeste ; tandis que la patte du côté opposé ne présentait aucune altération dans ses mouvements volontaires ; seulement la sensibilité paraissait un peu diminuée.

La même opération pratiquée à la région cervicale, au niveau de la sixième vertèbre, était suivie de la paralysie du mouvement volontaire des deux pattes ; mais cette paralysie était beaucoup plus prononcée du côté opéré que du côté opposé. Je constatai la persistance de la sensibilité dans les parties situées du côté opéré et derrière la section de la moelle épinière. Du côté opposé au contraire, je remarquai une anesthésie presque complète.

J'ai fait la même expérience avec quelques modifications sur plusieurs pigeons. Au lieu de pratiquer l'hémisection latérale de la moelle épinière dans la région cervicale, j'ai divisé cet organe dans ses deux moitiés latérales en faisant une incision longitudinale sur son milieu au niveau de la cinquième et de la sixième vertèbres cervicales. Cette expérience avait pour résultat la *paralysie partielle des mouvements volontaires* de tout le train postérieur. Les pigeons exécutaient quelques mouvements de progression, mais ces mouvements étaient incomplets et ces animaux faisaient la culbute en avant.

Chez les pigeons opérés dans la région lombo-dorsale, la section latérale de la moelle épinière guérit aisément par cicatrisation, et la paralysie disparaît complétement sans laisser

la moindre trace. Nous possédons encore maintenant un pigeon opéré de cette manière, sans qu'on puisse constater la plus légère altération dans ses fonctions.

Résumé des résultats obtenus par les expériences pratiquées sur les pigeons

1° L'*entre-croisement* des conducteurs de la *sensibilité consciente* a lieu dans toute la longueur de la moelle épinière.

2° La *transmission du mouvement volontaire* est *directe dans la région lombo-dorsale*; elle est, au contraire, *croisée partiellement dans la région cervicale.*

3° Chez ces animaux, la guérison d'une section de la moelle s'opère très-facilement par cicatrisation.

III.

Expériences pratiquées sur les mammifères.

Chez les mammifères, tels que les lapins et les chiens, ces expériences sont entourées de grandes difficultés lorsqu'on les fait à la région du cou. Il n'est pas aisé de bien fixer l'animal qu'on veut opérer; l'hémorragie qui survient pendant qu'on pratique la section des chairs gêne beaucoup l'observateur, et l'ouverture du canal rachidien est moins facile que dans la région dorsale; de manière que le plus grand nom-

bre des expérimentateurs ont dû préférer la région dorsale pour faire cette opération chez les mammifères. C'est là peut-être aussi le motif pour lequel toutes les conclusions sur la transmission de la sensibilité et du mouvement dans la moelle ont été déduites d'expériences pratiquées dans cette dernière région de la colonne vertébrale.

Sur les chiens et sur les lapins, j'ai constaté, de manière à ne plus pouvoir en douter, l'exactitude entière de la théorie de Brown-Séquard, lorsque l'expérience était instituée immédiatement au-dessus du renflement lombo-dorsal de la moelle épinière. Cette expérience était suivie des mêmes phénomènes que chez la grenouille et chez les pigeons, seulement la douleur était exprimée par des cris. Je me hâtai donc de porter mes recherches sur la région du cou.

Sur un grand nombre de ces mammifères, chiens et lapins, j'ai mis la moelle à découvert, au niveau de la cinquième et de la sixième vertèbres cervicales; après avoir arrêté l'hémorragie, qui est toujours très-abondante, j'ai pratiqué l'hémisection transversale de toute une moitié de la moelle, comprenant dans l'incision les trois cordons correspondants de cet organe, ainsi que la substance grise qui y est renfermée.

Les animaux sont très-affaiblis à la suite de cette opération; ils trébuchent et ne se tiennent plus que sur leurs pattes antérieures. En pinçant leurs membres postérieurs, on constate aussitôt qu'ils éprouvent des douleurs très-vives.

lorsqu'on irrite le membre postérieur du côté opéré. Ils jettent des cris perçants et cherchent à se défendre en se tournant par leur train antérieur vers le point irrité. La sensibilité consciente, loin donc d'être anéantie, paraît plutôt exagérée dans les parties situées du côté opéré et derrière la section de la moelle ; tandis qu'en pratiquant les mêmes manœuvres du côté opposé, c'est-à-dire en pinçant la patte postérieure, on constate une diminution et une abolition presque complète de la sensibilité consciente.

Les *mouvements volontaires* sont considérablement *altérés dans tout le train postérieur*. C'est le membre postérieur du côté opéré qui présente au plus haut degré la paralysie des mouvements volontaires ; de temps à autre l'animal le remue légèrement, lorsqu'il cherche à se défendre contre une irritation douloureuse. L'autre membre postérieur, celui du côté opposé à la section de la moelle, jouit encore de quelques mouvements volontaires. Mais la paralysie musculaire y est cependant assez prononcée pour que l'animal ne puisse plus s'en servir pour se déplacer, ni pour se maintenir dans la station sur trois membres.

Comme chez les pigeons, j'ai modifié cette expérience sur les chiens et sur les lapins. Au lieu de pratiquer l'hémisection latérale de la moelle épinière dans la région cervicale, j'ai divisé cet organe dans ses deux moitiés latérales en faisant une incision longitudinale sur son milieu, au niveau de

la cinquième, de la sixième et de la septième vertèbres cervicales. Cette expérience était suivie de la *paralysie partielle des mouvements volontaires* de tout le train postérieur, de manière que l'animal ainsi opéré remuait ses membres postérieurs et s'efforçait de se déplacer sans cependant pouvoir parvenir à se relever.

Par cette section longitudinale de la moelle épinière sur la ligne médiane, j'ai coupé nécessairement une partie des conducteurs du mouvement, puisque cette opération était suivie de la paralysie partielle des mouvements volontaires du train postérieur. Les conducteurs du mouvement volontaire s'entre-croisent donc dans la portion cervicale de la moelle, puisque par une section longitudinale sur la ligne médiane de cette portion de l'organe nerveux central, j'ai produit la paralysie des deux membres postérieurs à la fois.

Résumé des résultats obtenus par les expériences sur les mammifères.

1° La *propagation de la sensibilité consciente est croisée* dans toute la longueur de la moelle épinière.

2° La *transmission du mouvement volontaire est seulement directe dans la région lombo-dorsale* ; à la *région cervicale*, elle est *en partie croisée* et la plus grande partie y est encore *directe*, puisque le membre postérieur du côté opéré était plus paralysé que celui du côté opposé.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES.

De toutes ces expériences sur les animaux vertébrés, il résulte :

1° Que chez ces animaux *la transmission du mouvement volontaire* est *directe* dans chaque moitié de la moelle épinière et qu'elle est *en partie croisée* dans la *région cervicale*.

2° Que la *transmission de la sensibilité* dans la moelle épinière est *croisée* dans toute la longueur de cet organe.

Le résultat de ces expériences est donc tel qu'il s'accorde pleinement avec les faits annoncés par M. Brown-Séquard, quant à l'entre-croisement des conducteurs de la sensibilité consciente. Mais il en diffère sous plusieurs autres rapports. D'abord, il n'a pas toujours été facile de constater une véritable hyperesthésie du côté opéré derrière la section de la moelle; dans quelques cas, au contraire, surtout chez les mammifères, cette hyperesthésie était très-manifeste. Du côté opposé à la section de la moelle, il n'y avait jamais anesthésie, comme l'annonce M. Brown-Séquard, excepté cependant lorsque l'opération était pratiquée à la région cervicale. Dans ce cas, l'anesthésie était presque complète.

Mais les différences les plus saillantes du résultat que j'ai obtenu et de celui annoncé par M. Brown-Séquard, consistent dans les modifications que m'ont présentées les phénomènes, lorsque la section transversale d'une moitié latérale de la

moelle ou l'incision longitudinale dans le milieu de cet organe sont pratiquées à la région cervicale. Jamais M. Brown-Séquard n'a signalé l'entre-croisement d'une partie des conducteurs du mouvement volontaire dans la région du cou. Il est vrai, la plus grande partie de ces conducteurs suivent encore un trajet direct dans cette portion de l'axe nerveux rachidien ; mais cependant les phénomènes qui suivent la section transversale d'une moitié latérale de la moelle épinière au cou, diffèrent considérablement de ceux qu'on observe lorsque l'hémisection est pratiquée à la région dorsale. Dans ce dernier cas, l'animal se sert encore de trois membres ; tandis que dans le premier, lorsque l'expérience est faite à la région cervicale, tout le train postérieur est paralysé ; mais la paralysie est un peu plus prononcée du côté correspondant à la section de la moelle que du côté opposé. Cette dernière particularité dépend de ce qu'on comprend dans l'hémisection transversale de la moelle épinière, tout le faisceau de fibres motrices qui constitue de chaque côté la pyramide antérieure de la moelle allongée. Ces pyramides s'entre-croisent avant d'entrer dans la moelle et vont ensuite former, ainsi que l'a prouvé M. Arnold, les cordons latéraux de cet organe.

Mais l'expérience décisive qui démontre qu'une partie des conducteurs du mouvement volontaire s'entre-croise réellement sur la ligne médiane de la portion cervicale de la moelle épinière, au-dessous de l'entre-croisement des pyramides an-

térieures de la moelle allongée, consiste dans l'expérience où j'ai opéré sur des grenouilles, des pigeons, des lapins et des chiens, la séparation des deux moitiés latérales de la moelle épinière, par une incision longitudinale pratiquée sur le milieu de cet organe, au niveau de la partie inférieure du cou. Cette expérience a toujours eu pour résultat une paralysie incomplète du mouvement volontaire dans le train postérieur ; elle était cependant portée à un tel degré que l'animal ne pouvait se servir de ses membres postérieurs, ni pour courir, ni pour marcher et à peine pour se soutenir.

Ce résultat diffère aussi de celui de M. Kölliker en ce que, au lieu d'occuper toute la longueur de la moelle épinière, comme le présumait cet habile anatomiste, l'entre-croisement des conducteurs du mouvement volontaire n'a lieu qu'à la région cervicale jusqu'au commencement de la région dorsale. Mais cet entre-croisement n'existe point dans la portion lombo-dorsale de la moelle épinière.

Pour m'assurer jusqu'à quel point ces expériences sont applicables à l'homme, j'ai examiné de nouveau la moelle épinière de plusieurs individus d'un âge avancé, surtout pour ce qui concerne la commissure blanche antérieure, située au devant du canal médullaire central.

Cette commissure paraît, même à l'œil nu, constituée de fibres médullaires transversales qui vont d'une moitié latérale de la moelle à l'autre moitié. Mais ce qui est bien plus frap-

pant encore, c'est qu'elle n'existe que dans la région cervicale jusqu'au commencement de la région dorsale. Cette disposition est donc entièrement en rapport avec le résultat fourni par les expériences sur les animaux, en supposant que cette commissure soit réellement formée de fibres nerveuses qui président au mouvement volontaire ; ce qui paraît au moins très-probable d'après les observations microscopiques les plus récentes. C'est aujourd'hui même une vérité mise hors de doute, si de l'organisation des autres mammifères on peut conclure à celle de l'homme.

APPLICATIONS PATHOLOGIQUES.

Ces recherches physiologiques sur la transmission de la sensibilité et du mouvement peuvent donner la solution des questions les plus importantes de la pathologie du centre nerveux rachidien.

Suivant les physiologistes et les pathologistes qui ont précédé Brown-Séquard, l'entre-croisement des éléments conducteurs des impressions sensitives se fait dans toute la longueur de la base de l'encéphale depuis la moelle allongée jusqu'aux pédoncules cérébraux.

En admettant cette opinion comme vraie, une tumeur ou une altération existant sur un des côtés de l'axe cérébro-spinal, près de la ligne médiane, doit produire :

1° Une *anesthésie croisée,* si elle siége en avant de l'endroit où l'entre-croisement s'opère;

2° Une anesthésie incomplète des deux côtés si elle siége dans un des points où l'entre-croisement a lieu;

3° Une anesthésie non croisée, c'est-à-dire du côté de la lésion, si elle siége en arrière de l'entre-croisement, c'est-à-dire sur la moelle épinière.

Il n'en est point ainsi; car, s'il y a une altération pathologique dans une moitié de l'encéphale, l'anesthésie et la paralysie du mouvement volontaire, si elles existent, seront toujours dans le côté opposé à celui de l'altération. Si l'altération occupe toute une moitié latérale de la moelle épinière il y aura anesthésie des deux moitiés du corps; la paralysie du mouvement volontaire siégera seulement du côté de la lésion, si celle-ci ne s'étend pas jusqu'à la région cervicale. Lorsque, au contraire, cette dernière partie de la moelle est atteinte d'un côté seulement, et en même temps que sa portion lombo-dorsale, la paralysie du mouvement volontaire atteindra à la fois les muscles du côté où siége l'affection et en partie ceux du côté opposé.

Si l'altération occupe d'un côté une portion limitée de la moelle, l'anesthésie partielle existe du côté opposé dans les parties qui reçoivent leurs nerfs au-dessous du siége de l'altération. Du côté où siége l'altération la sensibilité persiste, mais le mouvement est aboli. Cette paralysie du mouvement

s'étendra aux deux côtés, mais d'une manière inégale, lorsque l'altération pathologique envahit une portion de la moitié latérale de la moelle dans la région du cou. Mais les affections latérales de la moelle épinière sont rares, et le plus souvent cet organe est altéré dans toute sa largeur et dans ses deux moitiés à la fois, soit que l'altération siége seulement à sa face antérieure, soit qu'elle occupe sa face postérieure.